ELEKTROENERGETIKA - 3. PISANA PROVJERA ZNANJA

ELEKTROENERGETSKE MREŽE

Mreže za prijenos električne energije visokog napona

- prijenosne mreže - 110 kV i više
- distribucijske mreže - do 35 kV
- u Hrvatskoj napon prijenosne mreže može biti 110, 220 ili 400 kV
- zamkasta struktura - pojedine pojne točke mogu se napajati iz više smjerova
- prstenaste mreže - omogućuju sigurnost napajanja jer ukoliko dođe do kvara na nekom prijenosnom vodu pojedina čvorišta imaju mogućnost napajanja iz drugih prijenosnih vodova
- za prijenos električne energije koriste se visokonaponski vodovi i kabeli
- osnovni elementi nadzemnog voda:
  - → **vodiči** - provode električnu energiju i jedini su aktivni dio nadzemnog voda, najčešće se izvode od alučelika
  - → **izolatori** - električno izoliraju vodiče od stupa i ostalih dijelova koji ne smiju doći pod napon, dijele se na potporne i ovjesne (najčešće kapasti)
  - → **stupovi** - osnovni dijelovi nadzemnih vodova koji nose vodiče (i pripadajuću opremu)
    - podjela po položaju - linijski, kutni
    - podjela po načinu zavješenja vodiča - nosivi i zatezni
  - → **spojni, ovjesni i zaštitni pribor**
    - spojni pribor - omogućava prolaz struje
    - ovjesni pribor - povezuje vodiče i izolatore sa stupom
    - zaštitni pribor - služi za otklanjanje negativnih učinaka električnog polja i vjetra
  - → **uzemljenje i zaštitna užad**- uzemljivački sustav nadzemnog voda obuhvaća zaštitno uže, uzemljivač i metalne dijelove koji nisu pod naponom, bitno za siguran pogon
- visokonaponski kabeli - vodiči načinjeni od bakra ili aluminija, smješteni u izolacijski omotač
  - → Prednosti XLPE kabela - nema održavanja, mali gubici prilikom prijenosa električne energije, nema opasnosti za okoliš, vizualno ne narušava krajolik, nema utjecaja vremenskih prilika, ne zauzimaju prostor

Razdjelne (distribucijske) mreže

- obuhvaćaju elektroenergetske vodove nazivnog napona do 35 kV
- poveznica između prijenosne mreže i većine potrošača električne energije te se odvija niz transformacija naponskih razina
- Osnovna značajka - prostorna rasprostranjenost
- dijele se na:
  - → **radijalne / zrakaste** - najjednostavnija za pogon jer sadrži najmanji broj vodova, ukoliko se dogodi kvar na vodu, sva mjesta nakon kvara ostaju bez napajanja, energija ide samo u jednom smjeru
  - → **prstenaste** - pouzdanija jer se u slučaju kvara na jednom dijelu voda potrošači mogu napajati s druge strane
  - → **zamkaste** - osigurava višestranu opskrbu potrošača
- u Hrvatskoj ima 21 distribucijsko područje
- nadzemni vodovi - prijenos električne energije srednjeg napona i male snage, lakša izvedba vodova u razdjelnoj nego prijenosnoj mreži, za izradu stupova se koriste drvo, čelik i armirani beton

- kabeli - jednožilni i trožilni, nadzemni kabeli se koriste za izvedbu nadzemnih izoliranih razdjelnih mreža.
- distribuirana proizvodnja - proizvodnja električne energije unutar razdjelne mreže blizu mjesta potrošnje, distribuirani izvor je svaki izvor električne energije priključen na razdjelnu mrežu
    - → podjela distribuiranih izvora sa stajališta razdjelne mreže:
        - Proizvodnja za pokrivanje vlastitih potreba
        - Prodaja cjelokupne proizvedene električne energije
        - Kombinacija obojeg
    - → prednosti distribucijske mreže:
        - Pruža neovisnost i fleksibilnost u planiranju i razvoju instalacije - područja sa ograničenjima i prekidima
        - Znatne uštede u infrastrukturi
        - Omogućuje neovisnu proizvodnju
        - Ima potencijal pružanja dodatni usluga
    - → tehnologije distribuirane proizvodnje - fotonaponske ćelije, vjetroelektrane, male hidroelektrane, gorivne ćelije, plinske turbine, kogeneracija, iskorištavanje biogoriva, stirlingov stroj, motori s unutarnjim izgaranjem (Otto i Diesel)
    - → tehnički kriteriji za mogućnost priključka distribuiranog izvora:
        - Snaga i planirana godišnja proizvodnja
        - Vršna snaga i potrošnja
        - Vrsta i osobine pogona
        - Snaga kratkog spoja
    - → analiza utjecaja distribuiranog izvora:
        - Proračun tokova snaga
        - Proračun kratkog spoja
        - Proračun stabilnosti za veće snage
        - Kvaliteta napajanja
        - Mogućnost otočnog pogona

Tokovi snaga u elektroenergetskoj mreži i kompenzacija jalove snage

- djelatna snaga - prosječna vrijednost tijekom jednog perioda
- jalova snaga - dio snage s nultom prosječnom vrijednošću
- prividna snaga - ukupna snaga
- jalova snaga - pozitivna kada se proizvodi, negativna kada se troši
- analiza proračuna tokova snaga:
    - → snage koje teku kroz vodove
    - → gubici u mreži
    - → naponi u čvorištima mreže
- temeljni zadatak regulacije napona i jalovih snaga - održavanje napona u dozvoljenim granicama
- djelatni gubici - ovise o prividnoj struji i njenoj jalovoj komponenti
- kompenzacija jalove snage - smanjenje tokova jalove snage
- potrošači jalove snage - asinkroni motori, sinkroni motori, fluorescentne cijevi, kemijska trošila
- elementi elektroenergetskog sustava koji utječu na jalovu snagu - transformatori i vodovi i kabeli
- uređaji sa svrhom regulacije jalove snage u EES-u - sinkroni kompenzatori, kondenzatorske baterije, prigušnice, statički VAR kompenzatori, FACTS uređaji

RASKLOPNA POSTROJENJA

- posebna postrojenja koja rade sa visoki naponima i strujama velikih iznosa te su zbog toga potrebna kako bi se električna energija dovela do potrošača
- sadrže aparate za uklapanje i isklapanje, transformatore, uređaje za zaštitu elemenata postrojenja, uređaje za mjerenje radi kontrole pogona i uređaje za upravljanje sklopnim aparatima i signalizaciju stanja opreme
- postoje u svakom čvorištu EES
- ako nema transformacija - razdjelna stanica (rasklopno postrojenje)
- ako ima transformacije naponske razine - transformatorska stanica
- unutarnja i vanjska izvedba

Glavni elementi rasklopnih postrojenja

- **sabirnice** → dijelovi rasklopnog postrojenja koji povezuju vodove koji dovode i vodove koji odvode električnu energiju
  - → okrugli, plosnati, U-profil - niski napon
  - → cijevi, užad - visoki napon
  - → presjek sabirnica bira se s obzirom na:
    - maksimalnu struju u normalnom pogonu - najveća struja koja neograničeno dugo teče najopterećenijim dijelom sabirnice u normalnom pogonu
    - zagrijavanje za vrijeme kratkog spoja
    - mehaničko naprezanje tijekom kratkog spoja
- **izolatori** - elementi koji nose sabirnice i ostale neizolirane vodiče u postrojenjima
  - → svrha - izoliranje golih vodiča od uzemljenih dijelova postrojenja
  - → potporni izolatori - porculan, umjetne smole, staklo, kompozitni polimeri
- **rastavljači** - koriste se u svrhu vidljivog odvajanja dijela rasklopnog postrojenja koji nije pod naponom od dijela pod naponom
  - → ne služe za prekidanje strujnog kruga nego se isklapaju kada je strujni krug već prekinut
  - → primarni zadatak - povećana sigurnost osoblja koje obavlja radove na dijelovima postrojenja
  - → upravljanje - ručno, pneumatsko
- **uređaji za prekidanje struje**:
  - → visokonaponski osigurači - velika prekidna moć, brzo prekidanje struje kratkog spoja, precizna vremensko-strujna karakteristika u slučaju manjih opterećenja, mogućnost propuštanja velikih trenutnih opterećenja, prekidanje struja bez stvaranja opasnih prenapona
  - → prekidači - uređaji koji osim sklapanja i vođenja struje u normalnom pogonu služe za prekidanje struja kratkog spoja
    - vrste - zračni prekidači, uljni prekidači, malouljni prekidači, hidromatski prekidači, pneumatski prekidači, SF6 prekidači, vakuumski prekidači
  - → učinski rastavljači (rastavne sklopke) - uređaji za prekidanje nazivnih struja
- **energetski transformatori** - transformator je statički uređaj u kojem se električna energija iz jednog ili više izmjeničnih krugova, koji napajaju primarne namote transformatora, prenosi u jedan ili više izmjeničnih krugova, napajanih iz sekundarnih namota transformatora, s izmijenjenim iznosima struje i napona, te nepromijenjenom frekvencijom
  - → uvjeti za paralelni rad transformatora - jednaki prijenosni omjeri, približno jednaki nazivni naponi, ista grupa spoja, približno jednaki naponi kratkog spoja, omjer nazivnih snaga manji od 3:1

- **mjerni transformatori** - strujni i naponski
  - → strujni mjerni transformatori - transformiraju iznos struje koja protječe kroz vod, generator ili transformator na manji iznos, koji se može pustiti kroz mjerni instrument ili relej
    - osnovne značajke - strujna i kutna pogreška, prijenosni omjer, klasa točnosti, strujni višekratnik, nazivno opterećenje (nazivna snaga), termička granična struja, dinamička granična struja
  - → naponski mjerni instrumenti - izvode se kao transformatori snage, priključuju se paralelno potrošačima
    - osnovne značajke - naponska pogreška, kutna pogreška, klasa točnosti, nazivna snaga
- **prigušnice** - dijelovi električnog postrojenja koji smanjuju struje kratkog spoja i previsoke napone
  - → karakterizira ju - nazivni napon, prolazna snaga, napon kratkog spoja
  - → upotrebljavaju se uglavnom za napone do 35 kV
- **odvodnici prenapona** - štite rasklopno postrojenje od visokih prenapona
  - → važno obilježje - tijekom normalnog pogona njima ne teče struja

Sheme spoja dijelova postrojenja

- shema spoja - funkcionalno prikazuje cijelo postrojenje, sadrži broj generatora, transformatora, odvoda, način njihovog međusobnog spoja, predviđene aparate u odvodima i način njihovog spajanja, predviđene uređaje za mjerenje, zaštitu, signalizaciju i upravljanje
- rasklopno postrojenje sadrži:
  - → glavni strujni krugovi - na visokom naponu
  - → strujni krugovi zaštite i mjerenja - na niskom naponu
  - → pomoćni strujni krugovi - napajaju se iz pomoćnog izvora istosmjerne struje
- **vrste shema**:
  - → jednopolna shema spoja - jednostavna shema koja prikazuje samo glavne strujne krugove jednopolno, mjerni uređaji i zaštitni releji samo su shematski označeni
  - → principijelna shema spoja - jednostavnija od jednopolne, prikazuje samo međusobnu povezanost odvoda, ucrtane samo sabirnice, odvodi, rastavljači, prekidači
  - → shema djelovanja - tropolna shema za označavanje funkcija svih uređaja u postrojenju, detaljan prikaz njihovog načina spajanja i kontrolu ispravnosti spojeva
  - → shema vezivanja - izrađuje se na temelju sheme djelovanja, uzima u obzir i prostorni razmještaj uređaja, jako detaljna, izvedbena shema pa oznake moraju odgovarati oznakama u postrojenju
  - → strujna shema - prikazuje tok struje sa svim kontaktima i detaljima
- **sheme priključka odvoda na sabirnice:**
  - → svaki odvod se na sabirnice priključuje posredstvom rastavljača, sabirnički rastavljač, koji se uvijek nalazi na početku odvoda, a tek nakon njega idu prekidači, osigurači, mjerni transformatori i ostala oprema
  - → jednostruke sabirnice - u manjim rasklopnim postrojenjima, njihov nedostatak je nužnost obustave pogona cijelog rasklopnog postrojenja u slučaju kvara bilo kojeg uređaja u postrojenju, u slučaju čišćenja, pregleda ili preventivne izmjene pojedinih dijelova uređaja u postrojenju, najčešće u rasklopnim postrojenjima do 35 kV
  - → dvostruke sabirnice - povećavaju sigurnost pogona i raspoloživost postrojenja jer je moguće obaviti održavanje ili popravak jednog sustava sabirnica bez prekidanja pogona drugog sustava sabirnica
  - → pomoćne sabirnice - u postrojenjima s jednim sabirnicama ukoliko je nužno zadržati napajanje odvoda i u slučaju kvara i održavanje prekidača u tom odvodu

    → postrojenja bez sabirnica - mala rasklopna postrojenja
- sheme spoja transformatora - ako ima više transformatora koji rade paralelno s obje strane svih transformatora se ugrađuju prekidači za prekidanje struje kratkog spoja, ako ima samo jedan transformator i samo sa jedne strane se napajaju potrošači, prekidač se postavlja na stranu s koje dolazi energija
- shema spoja zračnog voda (kabela):
    → izlazni rastavljač - uklopljen tijekom normalnog pogona, svrha je vidljivo odvajanje sabirnica rasklopnog postrojenja od zračnog voda (kabela) za vrijeme popravka ili zamjene prekidača u odvodu
    → rastavljač za uzemljenje - isklopljen tijekom normalnog pogona, služi da spajanjem voda s uzemljenjem odvede preostali naboj na vodu kako bi se tijekom izvođenja radova zaštitilo osoblje

Zaštita u rasklopnim postrojenjima

- zaštita se sastoji od releja i pomoćnih naprava, najčešće mjerni transformatori i pomoćni strujni izvori
- **relej** - zaštitni uređaj koji na temelju mjerenja struja i/ili napona otkriva nastanak kvara ili smetnji u pogonu elektroenergetskog sustava te djeluje na isklapanje prekidača u primarnom krugu sustava
- **nadstrujna zaštita** - djeluje ako struja na mjestu ugradnje releja prijeđe unaprijed podešenu vrijednost, može biti usmjerena (djeluje samo ako se smjer struje podudara s usmjerenjem releja)
- **podnaponska i nadnaponska zaštita** - djeluje kada napon na mjestu ugradnje releja padne ispod ili poraste iznad podešene vrijednosti
- **usporedbena (diferencijalna) zaštita** - uspoređuje iste mjerene električne veličine po iznosu, smjeru i fazi na oba kraja štićenog objekta
- distantna zaštita - djelovanje ovisi o udaljenosti između mjesta ugradnje releja i mjesta kvara
- veći poremećaji - kvarovi - kratki spoj, zemljospoj
- manji poremećaji - smetnje - preopterećenje, povišenje napona, sniženje napona, sniženje frekvencije, nesimetrično opterećenje, promjena smjera energije
- temeljne činjenice rada releja:
    → relej mora otkriti poremećaj
    → poremećaj se mora lokalizirati jer je potrebno isključiti samo pogođeni element sustav
    → poremećaj je nužno vremenski ograničiti jer šteta na pogođenom elementu raste s duljinom trajanja kvara
    → releji mogu pogrešno djelovati zbog vlastite neispravnosti
- svojstva releja - osjetljivost, selektivnost, brzina djelovanja, pouzdanost, rezerva, prilagodljivost, ekonomičnost
- APU - automatsko ponovno uključenje - zbog izloženosti meteorološkim uvjetima, djelovanju ljudi i životinja, na elektroenergetskim vodovima često dolazi do kvarova, većina je prolaz
- izvedbe releja - elektromehanički, statički, numerički

Uzemljenje u rasklopnim postrojenjima

- uzemljenje je spoj dijela postrojenja, koji iz bilo kojeg razloga može doći pod napon, sa zemljom posredstvom uzemljivača
- otpor uzemljenja - otpor zemlje između uzemljivača i neke dovoljno udaljene točke od uzemljivača, u kojoj je potencijal zemlje jednak nuli
- s obzirom na uloge uzemljenja:
  - → zaštitno uzemljenje - uzemljenje vodljivog dijela koji ne pripada strujnom krugu u svrhu zaštite ljudi
  - → pogonsko uzemljenje - neposredno (nema drugih otpora osim impedancije uzemljenja) i posredno (postoje dodatni omski, induktivni i kapacitivni otpori)
  - → uzemljenje za zaštitu od munje - služi za odvođenje atmosferskih prenapona u zemlju (gromobrani i odvodnici prenapona)
- otpor rasprostiranja uzemljivača - otpor zemlje između uzemljivača i neutralne zemlje
- napon dodira - dio napona uzemljenja koji čovjek može premostiti, računajući putanju struje kroz tijelo od ruke do noge ili od ruke do ruke
  - → trajno dopušteni dodirni napon - za izmjeničnu struju 50 V, za istosmjernu struju 120 V
- napon koraka - dio napona uzemljenja koji čovjek može premostiti jednim korakom duljine 1m, pri čemu se struja zatvara kroz ljudsko tijelo od noge do noge, nisu propisane granične vrijednosti